SNI 8395:2017

Standar Nasional Indonesia

Panduan studi kelayakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) fotovoltaik

ICS 27.160

Badan Standardisasi Nasional

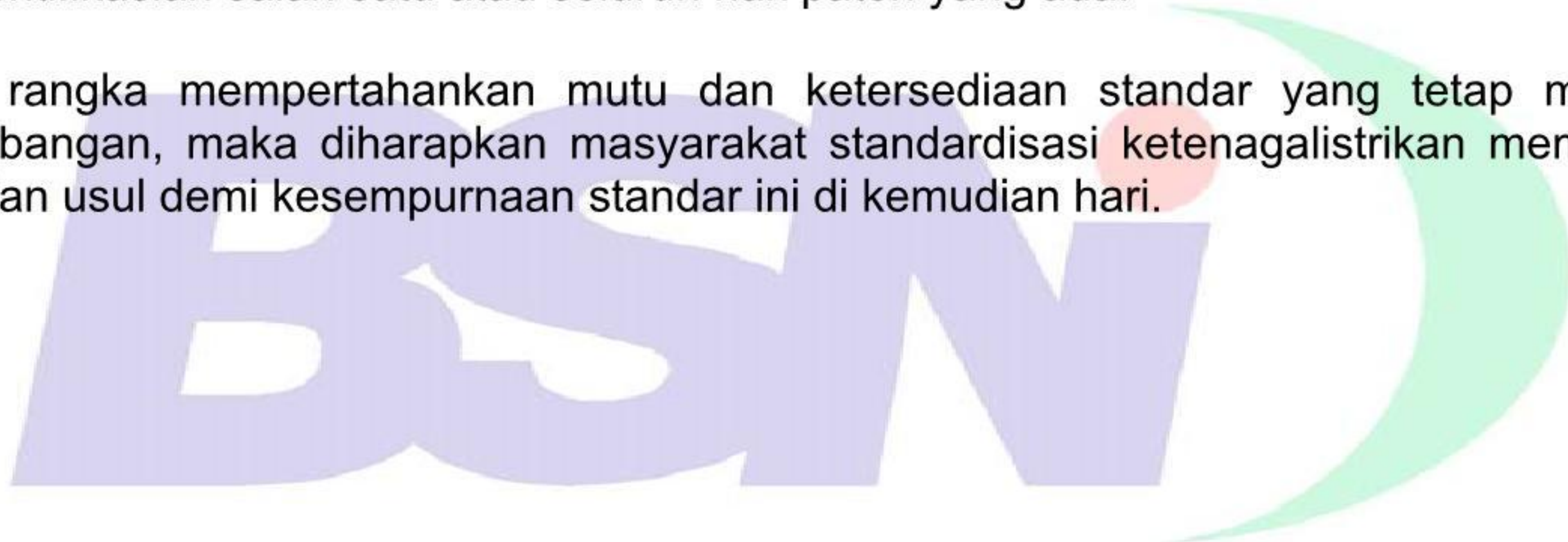
Daftar isi

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 8395:2017 dengan judul “Panduan studi kelayakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) fotovoltaik” disusun untuk memberikan acuan dalam penyusunan studi kelayakan pembangunan PLTS melalui konversi sel fotovoltaik. Isi panduan meliputi kajian berbagai aspek yang berkaitan dengan rencana pembangunan PLTS fotovoltaik yaitu aspek teknis, aspek lingkungan, aspek finansial, aspek sosial ekonomi dan aspek risiko.

Standar ini dirumuskan oleh Komite Teknis 27-03, Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan dengan tujuan meningkatkan jumlah dan ketersediaan standar ketenagalistrikan di Indonesia melalui prosedur perumusan standar dan dibahas dalam Forum Konsensus pada tanggal 18 Oktober 2016 di Bandung dengan melibatkan para narasumber, pakar, dan lembaga terkait dan telah melalui tahap jajak pendapat tanggal 16 Januari 2017 sampai dengan 16 Maret 2017.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Dalam rangka mempertahankan mutu dan ketersediaan standar yang tetap mengikuti perkembangan, maka diharapkan masyarakat standardisasi ketenagalistrikan memberikan saran dan usul demi kesempurnaan standar ini di kemudian hari.

Panduan studi kelayakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) fotovoltaik

1 Ruang lingkup

Standar Nasional Indonesia (SNI) ini dimaksudkan sebagai panduan dalam menyusun studi kelayakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) melalui konversi sel fotovoltaik di suatu lokasi/wilayah.

Lingkup kegiatan ini meliputi:

- kebijakan dan regulasi pemerintah dalam kelistrikan nasional;
- aspek legal, sosial ekonomi dan lingkungan;
- sistem PLTS fotovoltaik yang terdiri dari sistem *on grid* atau *off grid* baik *ground-mounted* maupun *roof-top*;
- rencana dan analisis anggaran biaya pembangunan PLTS fotovoltaik;
- analisis keuangan dan ekonomi proyek;
- jadwal pembangunan PLTS fotovoltaik.

2 Acuan normatif

Standar-standar tersebut di bawah ini sangat penting untuk pemakaian dokumen ini.

Untuk referensi yang bertanggal, hanya edisi ini yang dipakai, sedangkan untuk referensi yang tidak bertanggal adalah edisi terakhir yang berlaku (termasuk amendemen).

SNI IEC 61194, Parameter karakteristik sistem fotovoltaik yang berdiri sendiri.

SNI IEC 62446:2016, Sistem fotovoltaik terhubung ke jaringan listrik - Persyaratan minimum untuk sistem dokumentasi, uji komisioning dan inspeksi.

SNI IEC 62124:2016, Sistem fotovoltaik yang berdiri sendiri – Verifikasi desain.

SNI IEC 62257-1:2009, Rekomendasi untuk sistem energi terbarukan skala kecil dan hibrida untuk listrik pedesaan – Bagian 1: Pengantar umum listrik pedesaan.

SNI IEC 62257-4:2009 Rekomendasi untuk sistem energi terbarukan skala kecil dan hibrida untuk listrik pedesaan – Bagian 4: Pemilihan dan rancangan sistem.

SNI IEC 61730-1:2008, Kualifikasi keselamatan modul fotovoltaik (FV) – Bagian 1: Persyaratan konstruksi.

SNI IEC 61730-2:2008, Kualifikasi keselamatan modul fotovoltaik (FV) – Bagian 2: Persyaratan Pengujian.

IEC 61727:2004, *Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of the utility interface*

3 Istilah dan definisi

Dalam standar ini digunakan istilah dan definisi sebagai berikut:

3.1
array
gabungan beberapa *string*

3.2
balance of system **(BOS)**
meliputi semua komponen dari sistem PLTS fotovoltaik selain dari modul surya

3.3
baterai
alat yang terdiri dari satu atau lebih sel dimana energi kimia diubah menjadi energi listrik dan digunakan sebagai penyimpan energi listrik

3.4
combiner box
kotak/perangkat yang menggabungkan keluaran kabel listrik dari beberapa *string* modul surya untuk dihubungkan ke *inverter*/*controller* serta dilengkapi dengan alat perlindungan pemutus sirkuit dari kondisi arus berlebih dan *arrester* sebagai perlindungan dari tegangan berlebih

3.5
controller
suatu perangkat keras yang berfungsi sebagai alat kontrol pengisian dan pengeluaran arus listrik pada baterai

3.6
geologi
ilmu (sains) yang mempelajari bumi, komposisinya, struktur, sifat-sifat fisik, sejarah, dan proses pembentukannya

3.7
ground-mounted
dipasang di atas permukaan tanah

3.8
inverter
adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik

3.9
irradiance
daya radiasi matahari persatuan luas

3.10
jaringan tegangan menengah (JTM)
jaringan listrik yang berfungsi mengalirkan listrik pada tegangan menengah

CATATAN Batas antara tingkat tegangan menengah dan tinggi dan bergantung pada kondisi lokal dan penggunaannya secara umum. Kecuali ban 30 kV - 100 kV sering menurut batas yang diterima.

3.11
jaringan tegangan rendah (JTR)
jaringan listrik yang berfungsi mengalirkan listrik pada tegangan rendah

CATATAN beberapa tingkat tegangan yang digunakan untuk distribusi tenaga listrik dan mempunyai batas atas yang umumnya diterima sebesar 1000 V a.b. (Volt $_{\text{arus bolak-balik}}$)

3.12
modul surya
beberapa sel surya yang digabungkan menjadi sebuah perangkat yang berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi listrik

3.13
off grid
sistem kelistrikan yang tidak terhubung dengan jaringan listrik umum

3.14
on grid
sistem kelistrikan yang terhubung dengan jaringan listrik umum

3.15
panel distribusi
perangkat dari sistem kelistrikan yang membagi daya listrik ke beberapa penyulang dan memberikan perlindungan pemutus sirkuit dan *arrester* pada setiap penyulang

3.16
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) fotovoltaik
sistem pembangkit listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari melalui konversi sel fotovoltaik

3.17
penyangga *array* modul
perangkat yang berfungsi sebagai tempat pemasangan *array* modul

3.18
pyranometer
perangkat yang berfungsi untuk mengukur besar *irradiance* matahari

3.19
roof-top
dipasang di atas permukaan atap bangunan

3.20
solar charge regulator
perangkat yang berfungsi untuk mengatur pengisian energi listrik yang bersumber dari modul surya ke baterai

3.21
solar junction box
kotak/perangkat tempat keluaran modul surya

3.23
string
gabungan dari beberapa modul surya yang disusun secara seri

4 Simbol/notasi, satuan dan singkatan

Simbol/Notasi	Parameter	Satuan
I	Arus listrik	Ampere
V	Tegangan listrik	Volt
P	Daya listrik	Watt
P_{STC}	Daya modul surya pada kondisi STC (1000 W/m^2, 25^{0}C, AM 1,5)	W peak
V_{OC}	Tegangan terbuka	Volt
I_{sc}	Arus hubung singkat	Ampere
P_{max}	Daya listrik maksimum	Watt
I_{max}	Arus listrik pada P_{max}	Ampere
V_{max}	Tegangan pada P_{max}	Volt
H	Radiasi matahari	W/m^2
E_h	Energi matahari harian	kWh/m^2
E_L	Energi beban	kWh
η	Efisiensi	%
FF	*Fill Factor*	-
f	Frekuensi	Hz

5 Lokasi

5.1 Aksesibilitas

Mencari informasi mengenai lokasi proyek yang terdiri dari:
- lokasi administratif (desa, kelurahan, kecamatan, kabupaten, dan provinsi);
- penentuan titik koordinat dengan batas toleransi akurasi ± 3 meter dan dilengkapi dengan peta lokasi;
- akses ke lokasi pembangunan PLTS fotovoltaik meliputi jarak, waktu tempuh, jenis transportasi, kondisi jalan dan kondisi cuaca;
- kondisi sarana prasarana dan prasarana, fasilitas utilitas di lokasi tersebut seperti ketersediaan air, bahan bakar dan listrik.

5.2 Topografi

Menjelaskan kondisi lokasi yang meliputi koordinat, pola dan ketinggian tanah di atas permukaan laut (kontur).

5.3 Geologi

Menjelaskan kondisi tanah meliputi jenis lahan, struktur batuan dan kelabilan tanah.

6 Aspek legal

Bagian ini berisikan identifikasi atas seluruh perijinan terkait, baik dari pemerintah pusat maupun daerah, yang diperlukan sesuai dengan kewenangannya antara lain:
- memenuhi peraturan ketenagalistrikan;
- status lahan pengembangan PLTS fotovoltaik (milik pemerintah, adat, pribadi dan tidak berada dalam wilayah konservasi);

- memenuhi persyaratan ijin lingkungan (mengacu pada peraturan perundang-undangan yang berlaku).

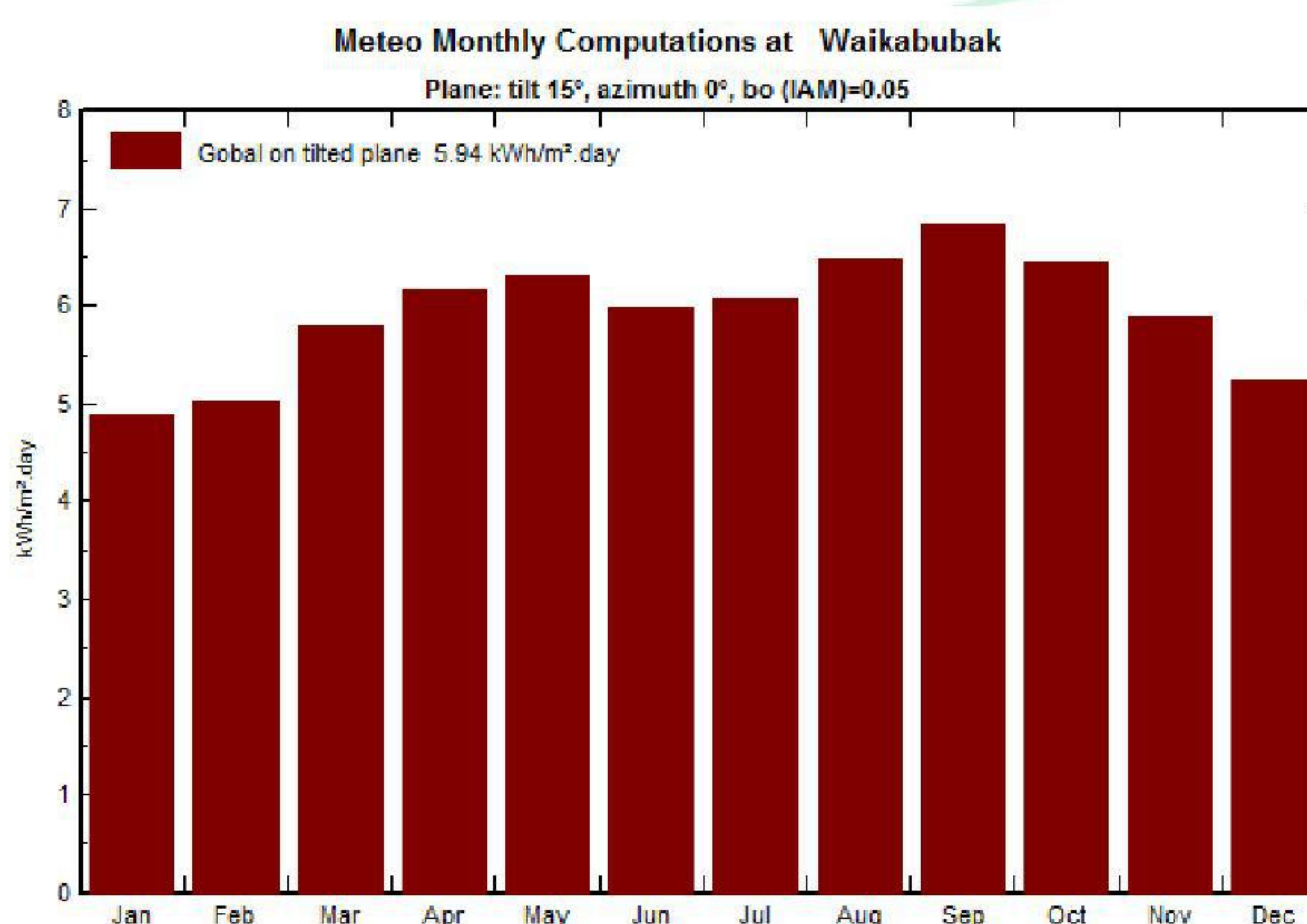
7 Pasokan dan permintaan

Tergantung dari tujuan pembangunan PLTS fotovoltaik, apakah untuk interkoneksi ke jaringan PLN ataukah untuk jaringan terisolasi, maka data mengenai permintaan dan beban atau konsumen akan berbeda. Data beban dan permintaan selanjutnya akan menjadi dasar untuk perhitungan faktor beban.

7.1 Pasokan

Pasokan bergantung pada beberapa hal antara lain ketersediaan sumber radiasi matahari dan lahan. Ketersediaan luasan lahan akan menentukan berapa besar sistem PLTS fotovoltaik yang akan dibangun.

Penyajian data sumber radiasi sebagai potensi energi (minimal 1 tahun) harus didukung oleh metode dan verifikasi pengambilan data yang valid. Metode dan verifikasi pengambilan data tersebut dapat dilakukan dengan pengukuran data primer ataupun sekunder. Data primer diperoleh dengan cara melakukan pengukuran langsung sedangkan data sekunder diperoleh dari badan atau otoritas yang memiliki kewenangan untuk menerbitkan data radiasi seperti NASA, BMKG, ataupun perangkat lunak yang terkait dengan penyediaan data iradiasi matahari.

Data iradiasi ditampilkan dalam bentuk diagram batang dengan sumbu vertikal sebagai besaran iradiasi rata-rata per hari dengan satuan kWh/m^2/hari dan nama bulan pada sumbu horizontal. Data iradiasi merupakan data iradiasi global dengan kemiringan yang sejajar dengan permukaan modul surya pada titik koordinat sesuai dengan lokasi yang direncanakan seperti terlihat pada Gambar 1.

Gambar 1 – Contoh penampilan data iradiasi rata-rata bulanan pada lintang 9.7°S bujur 119.4°E

7.2 Permintaan

Permintaan bergantung kepada kebutuhan energi listrik di lokasi dengan dua sistem yang berbeda, yaitu:

7.2.1 Sistem *off grid*

Untuk jaringan *off grid*, maka data yang harus dicari adalah:

- berapa banyak konsumen rumah tangga, fasilitas umum, dan/atau industri kecil yang akan dipasok kebutuhan energinya, serta prediksi pertumbuhan kebutuhan energi setiap tahunnya;
- berapa jauh jarak rencana letak sistem PLTS fotovoltaik ke konsumen, fasilitas umum atau jarak antar kelompok-kelompok konsumen yang hendak dilayani oleh PLTS fotovoltaik;
- bagaimana perkiraan pola pembebanan harian;
- siklus penggunaan energi (siklus harian beban).

Kalau dirasa perlu, data mengenai jaringan listrik umum terdekat dapat juga menjadi tambahan pertimbangan untuk rencana interkoneksi atau prediksi perkembangan desa.

7.2.2 Sistem *on grid*

Untuk sistem yang hendak dihubungkan dengan jaringan listrik umum, maka data yang harus dicari adalah:

- data profil beban di titik interkoneksi;
- kapasitas penyerapan jaringan listrik umum di titik interkoneksi tersebut, serta rencana pengembangan jaringan listrik umum di kawasan tersebut;
- jarak jaringan untuk titik interkoneksi (baik JTR ataupun JTM);
- frekuensi dan lama terjadinya pemadaman;
- studi interkoneksi jaringan listrik umum.

8 Aspek teknis

8.1 Pemilihan teknologi

Penjelasan tentang jenis sistem PLTS fotovoltaik yang akan dibangun, meliputi:

8.1.1 Konfigurasi PLTS fotovoltaik

Konfigurasi PLTS fotovoltaik apakah merupakan sistem *off grid* atau sistem *on grid* yang dilengkapi maupun tidak dilengkapi komponen penyimpan energi.

Letak atau posisi *array* modul surya bisa dipermukaan tanah (*ground-mounted*), atau di atas atap bangunan (*roof-top*). Apabila *array* modul surya akan diletakkan di atas atap bangunan (sistem PLTS fotovoltaik *roof-top*), maka harus dijelaskan beberapa parameter yang terdiri dari:

- jenis struktur penunjang atap;
- kekuatan struktur penunjang atap apakah mampu menahan tambahan beban *array* modul surya;
- orientasi arah atap, yang akan mempengaruhi besarnya keluaran energi sistem PLTS fotovoltaik;

- umumnya sistem PLTS fotovoltaik *roof-top* merupakan jenis sistem *grid connected* atau sistem yang terhubung dengan jala-jala PLN. Oleh karena itu persyaratan sistem PLTS fotovoltaik *on-grid* harus dipenuhi (lihat 7.2.2).

8.1.2 Rancangan sistem PLTS fotovoltaik

Rancangan sistem PLTS fotovoltaik merupakan perhitungan besarnya kapasitas PLTS fotovoltaik yang akan dipasang, perhitungan beban, perhitungan baterai dan modul surya yang akan diperlukan, kebutuhan *Balance of System* (BOS) serta perkiraan pertambahan beban setiap tahun.

8.2 Perancangan sistem

Perancangan sistem meliputi perhitungan dan pemilihan komponen serta lahan untuk sistem PLTS fotovoltaik sebagai berikut:
- potensi iradiasi matahari di lokasi yang direncanakan;
- arah dan kemiringan modul surya;
- besar dan pola pembebanan[1];
- kapasitas dan jumlah total modul surya, jumlah modul surya per-*string*, dan jumlah total *string*;
- pengkabelan;
- *combiner box*;
- penyangga *array* modul;
- *controller/inverter*;
- baterai;
- panel distribusi;
- sistem proteksi, pembumian dan proteksi petir;
- peralatan kontrol dan *monitoring* untuk akuisisi data parameter listrik dari sistem yang dilengkapi dengan data parameter lingkungan (radiasi, kelembapan, dan temperatur lingkungan);
- rumah pembangkit PLTS fotovoltaik.

Sistem ini harus dilengkapi dengan gambar teknik yang meliputi diagram pengkabelan, tata letak komponen sistem yang disesuaikan dengan bentuk dan luas lahan serta tata letak perangkat dalam rumah pembangkit.

8.3 Komponen sistem

Menjelaskan jenis komponen minimal yang harus dipenuhi untuk membangun PLTS fotovoltaik meliputi:
- modul surya;
- *controller/inverter*;
- *combiner box*;
- transformator (jika diperlukan);
- panel distribusi;
- penyangga *array* modul;
- baterai dan *solar charge regulator* (jika diperlukan);
- penangkal petir dan sistem pengaman lainnya.

[1] Hanya untuk sistem *off grid*

8.4 Energi terbangkitkan

Perkiraan energi terbangkitkan dilakukan dengan menghitung energi keluaran dari sistem PLTS fotovoltaik yang akan diinstal berdasarkan kebutuhan beban dan/atau kondisi utilitas. Perhitungan ini juga dapat dilakukan dengan bantuan program simulasi.

8.5 Pengoperasian dan pemeliharaan pembangkit

8.5.1 Pengoperasian pembangkit

Menjelaskan cara kerja sistem saat beroperasi pada berbagai kondisi radiasi matahari dan beban.

8.5.2 Pemeliharaaan pembangkit

Menjelaskan tata cara pemeliharaan sistem secara berkala dan mencantumkan kebutuhan suku cadang di lokasi.

8.5.3 Organisasi dan sumber daya manusia

Melakukan analisis kebutuhan fungsi organisasi, sumber daya manusia, dan penjadwalan proyek.

9 Aspek sosial

9.1 Demografi[2]

Data demografi lokasi yang diperlukan seperti: jumlah penduduk, tingkat pendidikan, distribusi dan/atau kepadatan penduduk, penghasilan dan lainnya. Demografi meliputi ukuran, struktur, dan pertumbuhan penduduk.

9.2 Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan

Kesediaan penduduk lokal untuk berkontribusi pada pembangunan, pengoperasian, dan pemeliharaan sistem PLTS fotovoltaik. Data partisipasi lokal untuk menyediakan sumber daya manusia sebagai pengelola dan pemeliharaan sistem.

9.3 Pengembangan fasilitas pendidikan dan umum[3]

Dampak pembangunan PLTS fotovoltaik terhadap perkembangan fasilitas pendidikan dan umum.

9.4 Survei keberterimaan masyarakat setempat[4]

Keberhasilan penerapan sistem PLTS fotovoltaik untuk masyarakat, akan sangat bergantung pada keberterimaan masyarakat, apabila masyarakat benar-benar membutuhkan energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS fotovoltaik, maka masyarakat akan merasa memiliki sistem PLTS fotovoltaik terpasang dan dengan sendirinya akan berusaha untuk mengoperasikan, dan merawat sistem. Oleh karena itu diperlukan data-data keberterimaan masyarakat setempat melalui survei yang dilakukan sebelum sistem PLTS fotovoltaik dipasang.

[2] Hanya untuk sistem *off grid*
[3] Hanya untuk sistem *off grid*
[4] Hanya untuk sistem *off grid*

10 Aspek ekonomi

10.1 Analisis biaya

Analisis biaya terdiri dari analisis biaya suatu proyek yang meliputi biaya pembuatan studi kelayakan, proyek, rekayasa, modal, peralatan energi dan BOS, biaya tak terduga (*contingencies*), biaya operasi perawatan tahunan, dan biaya penggantian komponen secara periodik.

10.2 Analisis finansial

Analisis finansial meliputi sumber pembiayaan, subsidi/insentif dan parameter finansial. Parameter finansial meliputi *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PB), *Cost Benefit Ratio* (CBR), dan analisis sensitivitas.

11 Aspek lingkungan

a. Analisis pengurangan efek gas rumah kaca,
b. Aspek lingkungan lainnya, meliputi:
   - perubahan pandangan masyarakat terhadap lingkungan secara keseluruhan;
   - kelebihan PLTS fotovoltaik terhadap pembangkit listrik tenaga fosil;
   - pengolahan limbah PLTS fotovoltaik.

12 Risiko

12.1 Risiko teknis

Meliputi antara lain risiko-risiko teknis yang timbul, misalnya kemampuan PLTS fotovoltaik tidak sesuai dengan target yang ditetapkan (keluaran energi sistem tidak terserap oleh beban atau keluaran energi sistem kurang dari beban yang ditentukan).

12.2 Risiko pembangunan PLTS fotovoltaik

Meliputi antara lain risiko-risiko yang timbul pada saat proses pembangunan PLTS fotovoltaik, misalnya persetujuan proyek dan proses tender yang berlarut-larut, mundurnya waktu pelaksanaan proyek, dan lain-lain.

12.3 Risiko finansial

Meliputi risiko-risiko yang timbul berkaitan dengan keuangan, seperti izin pemegang saham, biaya proyek yang melebihi biaya yang telah direncanakan (*project cost over run*), kelemahan klausa kontrak pembelian listrik, kegagalan komisioning (Uji Laik Operasi dan Sertifikat Laik Operasi), dan kegagalan finansial.

12.4 Risiko legal

Secara legal, risiko yang mungkin dihadapi adalah keterlambatan pembangunan PLTS fotovoltaik, status kepemilikan lahan, perizinan, dan lain-lain.

12.5 Risiko lingkungan

Secara garis besar, risiko lingkungan terhadap pembangunan PLTS fotovoltaik adalah risiko sosial, misalnya risiko penolakan dari masyarakat sekitar, pencemaran lingkungan, dan lain-lain.

Semua jenis risiko di atas dituangkan dalam tabel seperti contoh pada Tabel 1.

Tabel 1 - Daftar risiko

No	Jenis risiko	Sumber risiko	Kemungkinan terjadi	Dampak	Mitigasi	Tingkat risiko
1.						
2.						
dst.						

Penilaian kemungkinan terjadi dan tingkat risiko pada tabel daftar risiko mengacu kepada kriteria penetapan ukuran risiko pada Tabel 2.

Tabel 2 - Kriteria penetapan ukuran risiko

No	Uraian	Skala	Keterangan
Kemungkinan terjadinya risiko			
1	sangat besar	5	frekuensi atau presentase kejadiannya sangat tinggi yaitu lebih dari 80%
2	besar	4	frekuensi atau persentase kejadiannya tinggi yaitu antara 60% sampai dengan 80%
3	cukup	3	frekuensi atau persentase kejadiannya cukup yaitu antara 40% sampai dengan 60%
4	kecil	2	frekuensi atau presentase kejadiannya tidak terlalu tinggi yaitu antara 20% sampai dengan 40%
5	tidak signifikan	1	frekuensi atau presentase kejadiannya tidak signifikan yaitu sampai dengan 20%
Klasifikasi Risiko			
1	rendah (pesimis)		melakukan *monitoring*, pemeliharaan level risiko untuk tidak menjadi lebih besar
2	moderat		
3	tinggi (optimis)		menjadi prioritas pengendalian risiko

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, maka selanjutnya dilakukan analisis terhadap risiko melalui metode yang relevan.

13 Keselamatan

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah bidang yang terkait dengan keselamatan dan kesehatan manusia yang bekerja di sebuah institusi maupun lokasi proyek.

Bagian ini berisikan K3 berkaitan dengan dampak pembangunan dan pengoperasian pembangkit terhadap orang dan peralatan utama PLTS fotovoltaik.

14 Rekomendasi kelayakan

- Bagian ini berisikan rangkuman analisis semua aspek yang mendasari rekomendasi kelayakan pembangunan PLTS fotovoltaik.
- Konsultan pelaksana harus mencantumkan masa berlaku laporan studi kelayakan paling lama 2 tahun dari sejak diterbitkannya laporan studi kelayakan.
- Untuk studi interkoneksi jaringan dilakukan tersendiri sesuai dengan aturan yang berlaku.

Informasi pendukung terkait perumus standar

1. Komtek perumus SNI

Komite Teknis 27-03, Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan

2. Susunan keanggotaan Komite Teknis perumus SNI

Ketua : Ahmad Indra Siswantara
Wakil ketua : Mochamad Sjachdirin
Sekretaris : Faisal Rahadian
Anggota : Adjat Sudrajat
Soeripno Martosaputro
Nanda Avianto Wicaksono
Pahlawan Sagala
Sentanu Hindrakusuma
Harry Indrawan
Carolus Boromeus Rudationo
Eddy Permadi
Ika Hartika Ismet
Oo Abdul Rosyid
Sahat Pakpahan
Asep Sopandi
Tony Susandy
Yudistira Christika Elia
Indra Djodikusumo
Ezrom M.D. Tapparan

3. Konseptor rancangan SNI

Drs Adjat Sudrajat, M.Sc

4. Sekretariat pengelola Komite Teknis perumus SNI

Direktorat Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan
Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi
Kementerian ESDM